早期编程活动对于幼儿执行功能的促进作用

薛靖[1*]，寿嫣娜[2]

（[1]华东师范大学心理与认知科学学院，上海 200062）

（[2]上海师范大学教育学院，上海 200234）

［摘要］ 近年来编程教育开始频频出现于早期教育领域中，然而少有研究考察早期编程活动对于幼儿发展的效果。因此，本研究考察早期编程活动对于幼儿执行功能（早期学业能力和入学准备的重要能力）发展的作用。实验组和对照组各 16 名幼儿，男女各半，年龄均在 5-6 岁。实验组幼儿参加持续 8 周的基于可编程玩具（蜜蜂机器人）的早期编程活动（每周一次，每次 30-40 分钟），并对幼儿的掌握情况进行评定，以评估早期编程活动的可行性。分别采用认知任务和教师评定两种方式对实验组和对照组的幼儿的执行功能（工作记忆，调节能力，抑制能力）进行前测和后测。结果表明，实验组幼儿能够掌握大部分编程理念，并顺利完成大多编程活动；此外，在控制了前测的基线水平之后，后测中实验组在执行功能认知任务上的表现要显著好于对照组，而实验组在工作记忆相关行为上的表现要显著高于对照组，但是在调节能力和抑制能力相关的行为表现上没有显著差异。这些结果表明早期编程活动（基于可编程玩具）在幼儿阶段开展的可行性，同时表明早期编程活动能够提高幼儿的执行功能。

[关键词]早期编程；执行功能；学前儿童；

一、前言

二十年前，“学电脑”是当时家庭教育的热点话题，《学前教育研究》曾于 1997 年第 5 期转载《文汇报》的文章《和家长谈谈孩子学电脑》，建议家长将电脑作为教具来辅导幼儿学习知识，如进行常识、美术和音乐教育等——这在今日已屡见不鲜。随着电脑科技的发展，幼儿接触到各类电子设备的年龄已经大大提前了。新型的设备，如带有触摸屏幕的智能手机和平板电脑改变了个体与图片、声音和视频的互动形式，即使早至 2 岁的幼儿也可以轻易地操纵触摸屏从而自主探索。2011 年对 2-5 岁幼儿的母亲进行的一次调查发现，大多低龄幼儿在系鞋带之前已经会操作智能手机、使用鼠标打电脑游戏了。[1]因此，家长以及教育者不免会担心过多过早接触电子媒介会对幼儿的发展产生不良影响，但数字时代已无法避免儿童接触电子设备，所以诸多学者开始呼吁家长和老师应引导幼儿避免沉迷于诸如游戏的消遣性活动，转向以电子设备为载体进行的创造性活动。[2-4]

二十年后，国务院于 2017 年 7 月发布了《新一代人工智能发展规划》，其中尤其强调开展人工智能教育，建议“在中小学阶段设置人工智能相关课程，逐步推广编程教育”，而诸如英国、美国等发达国家近年来也将早期编程教育列入基础教育的大纲和框架中。[5-6]早期编程教育活动类似于传

* 通讯作者：薛靖，xue890515@163.com

统建构活动，都属于创造性活动的范畴，只不过平台与数字化有关而已。目前国内外关于编程学习的研究大多聚焦于中小学阶段，少有研究关注幼儿阶段的编程学习，尤其是参与早期编程活动对于幼儿发展的促进作用。因此，本研究在设计早期编程活动的基础上，以可编程玩具为载体实施，同时采用实验设计考察参与早期编程活动对于幼儿最为重要的一组认知能力——执行功能的促进作用。

编程在英文中的术语是 Coding 或 Programming，这两个单词分别强调了编程过程的不同方面。[4]首先，编程是基于代码（Code）的建构，而代码可以理解为抽象的积木，代表着客观物体或动作。类似人类语言，同时代码需要遵循一定的语法和规则，这些语法和规则形成了一套编程语言系统，如常见的 Java 语言。其次，编程服务于问题解决，需要以代码的形式输入计算机来控制机器达到目的。编程所完成的程序在日常生活中也很常见，比如洗衣机在洗衣服时，也是在执行制造商预先输入的指令，以完成泡洗、漂洗等一系列固定程序。因此，从本质上来说，编程活动可以视为发生在抽象水平上的建构，[7]与传统的建构活动不同的是，后者的建构发生在具体的客体（如积木）上，而幼儿在编程活动中操纵的是抽象的代码（如计算机的指令），有人甚至类比为“电子积木”。[8]从这个意义上说，幼儿在一定条件下也可以进行编程活动。

上个世纪八十年代，著名认知和教育心理学家 Seymour Papert 将皮亚杰的建构主义理论应用于计算机的学习中，创造了面向儿童的名为“LOGO”的编程语言，[9]其设计原则至今仍在使用。然而受限于其文本输入的特征，该编程语言难以面向低龄的学前儿童。近十年来，随着可触摸屏幕的普及，面向低龄幼儿的图形化编程语言层出不穷，如麻省理工大学开发的可在安卓和苹果系统上运行的 ScratchJr 应用，[10]更有甚者开发出脱离了传统电脑及显示器的可编程玩具，如美国 Bee-Bot 公司开发的蜜蜂机器人，美国学习资源公司开发的编程老鼠等。这些编程工具的特点都是将表示客体或动作的代码图形化和模块化，并且从操作意义上，基于图形化编程软件和可编程玩具的早期编程活动完全可以被视为类似积木建构的游戏。

编程活动的编程思想和理念可以从基于编程玩具的编程活动略见一斑。时下国外幼儿园较为流行的蜜蜂机器人如图 1 所示，儿童通过使用蜜蜂背上的七个代表不同动作和功能的按钮（前进[一步]，后退[一步]，左转[90 度]，右转[90 度]，清除，执行，暂停）来输入动作指令来控制蜜蜂。与传统的遥控式玩具不同的是，后者中儿童通过遥控器直接操纵玩具进行即时移动，而在编程玩具的具体问题解决情境中，儿童需要观察蜜蜂从出发地到目的地的具体路径，提前以代码的形式思考，并输入蜜蜂机器人来执行（见图 1 的一个情境，圆圈表示目的地，格子下方表示应该按顺序输入的代码）。当遇到一个复杂的问题时，比如用安装铅笔配件的蜜蜂机器人通过移动的方式画一个正方形时，儿童需要思考画正方形的路线，并以代码的形式编程动作指令，即前进、右转、前进、右转、

前进、右转、前进、右转。同样儿童可以发现这些编程代码的循环模式，即连续进行四次前进-右转，进而增进儿童对正方形的理解。

幼儿编程教育可以采用可编程玩具及其活动来教授发展适宜性的早期编程理念，如英国基础教育课程方案中信息科学要求 5-7 岁儿童理解顺序和算法、过程的分解和组合，重复模式和循环，纠错等理念。[5]近年来的研究表明，借助可编程玩具，年龄低至 4 岁的幼儿能够成功给简单机器人编程。[10-13]稍年长的 5-6 岁幼儿也可以在高级的编程平台（如编程软件 ScratchJr）中，用复杂的动作指令控制虚拟角色来制作类似动画片情节的互动式故事脚本。[10]通过早期编程活动，儿童也可以掌握早期 STEM（科学，技术，工程和数学）教育相关的知识和现象，如因果关系、计数、估算等。[13,14]

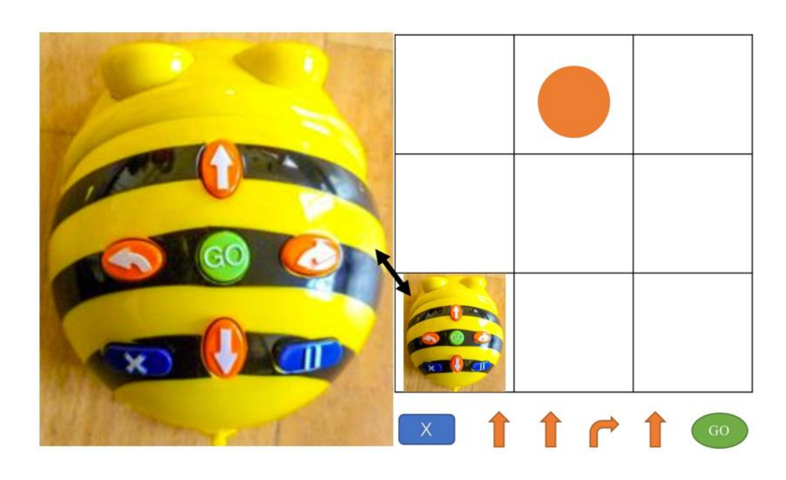


图 1 蜜蜂机器人以及某个问题解决情境

尽管早期 STEM 教育研究者认为，参与编程教育活动可以为帮助儿童学习数字时代知识、与电脑系统沟通，或者为将来从事编程相关工作做准备或者培养相关领域的兴趣。[3]不过在早期编程教育的倡导者看来，更重要的是，编程活动中的思想和理念可以为儿童提供强大的思维工具。[9]当儿童通过编程控制计算机/机器以实现特定目的时，必须了解自己解决问题的思维模式，因此会促进儿童在给电脑发指令时思考自己的思考方式。因此，儿童在编程活动中，不仅在“做中学”，更重要的是通过思考“所做”而达到更好的学习效果。此外，儿童如果可以通过计算机的语言来思考和解决问题，也可以借助这一“强大的思想”解决实际当中的问题。[9]目前国内外大多关于编程教育的研究集中于小学以上的阶段，鲜有研究关注学前教育中编程教育的开展及其效果。[16]来自中小学阶段的研究表明，编程教育对于儿童的认知发展和学业发展，尤其是 STEM 领域相关的能力均有着促进作用。[17-20]近年来对幼儿编程教育的研究开始关注早期编程教育对幼儿发展的促进作用。5-7 岁是认知发展的关键转变期，儿童逐渐朝着更具抽象性和逻辑性的思考方式发展，而幼儿的编程经历有助于建立具体表征和符号表征之间的联系，可以刺激他们的思考过程，从而支持这种转变的发

生。[21]此外，近来的一些研究也发现，早期的编程学习可以提高幼儿的问题解决能力[22,23]、注意力和自我控制能力[24]，从而支持幼儿的早期发展和学习。

在编程活动中，由于儿童需要预先思考解决问题的策略，并将解决方案的步骤清晰地罗列出来，因此很可能会使用到一组高级认知能力——执行功能。执行功能是参与到目标导向活动中的一组高级认知能力，对幼儿的早期学业能力和入学准备有着重要的作用，[25,26]目前较广泛的模型包括三个基本成分，即工作记忆、抑制控制和注意转换。[27]在心理和行为层面，工作记忆是指将信息暂时存储并操纵的能力，抑制控制是指抑制不适宜的冲动行为和反应，注意转换是指在不同心理模式之间来往切换的能力。更高级的执行功能还包括计划能力，即预先思考问题解决方案。[28]从所需的执行功能角度进行分析，编程活动是一个目标导向的活动，儿童需要计划能力来思考解决问题的具体方法和步骤，在执行计划的过程中，儿童需要将目标、规则以及步骤保存在工作记忆中，同时抑制具有优势的冲动反应，并在不同规则以及不同视角之间来回转换。因此，早期编程活动可能会促进幼儿执行功能的发展，然而目前尚无研究采用实验法考察此研究问题。

因此，本研究的目的在于开发早期编程活动课程并在大班幼儿中实施，在考察早期编程教育可行性的同时，采用实验法考察早期编程活动对于幼儿执行功能发展的作用。

二、研究方法

（一）研究对象

研究对象是来自上海市的一所幼儿园的 32 名大班幼儿，研究开始时的平均年龄为 54.78 个月（标准差 3.30 个月），所有幼儿均无身体、心理、和发展上的障碍。按照年龄和性别匹配的方式分为实验组和对照组，各包括 16 名幼儿，其中男女各半。

（二）测试材料

1） 幼儿的执行功能表现

头脚肩膝任务用来测试幼儿的执行功能，在这个任务中幼儿要玩一个摸自己头、脚、肩膀或膝盖的游戏。[29]在开始时，幼儿需要按照实验者的指令做动作（如摸摸你的头/脚/肩膀/膝盖），然后要求幼儿根据实验者的指令作出相反的动作：要求摸头时，幼儿要摸脚；要求摸肩膀时，幼儿要摸膝盖（反之亦然）。实验者共发出 20 个指令，其中头脚肩膝各 5 个。对于每一个指令，如果幼儿反应正确记 2 分，反应错误记 0 分，如果反应错误后自我纠正记 1 分。该任务最高分为 40。这个任务需要幼儿记住四条规则（工作记忆），抑制住直接反应的冲动（抑制控制），在不同的规则之间转换（注意转换），因此是测查幼儿总体执行功能表现的任务。

2） 幼儿的执行功能行为

儿童执行功能量表由 Thorell 和 Nyberg 编制，[30]在之前的研究中翻译为中文版，由教师报

告幼儿在幼儿园生活中近一周的执行功能相关的行为。量表共 24 个项目，采用五点计分（1 完全不符合~5 完全符合）。初始编制时将量表分为工作记忆、计划能力、调节能力和抑制能力四个分量表。由于题目均为反向计分，故维度得分越高，执行功能相应成分上的行为问题就越多。在之前的研究中，该量表表现出较好的信效度。[31]

（三）实施过程

1） 前测

由经过培训的本科生对实验组和对照组的幼儿一对一地实施头脚肩膝任务，同时，由随班老师填写幼儿的执行功能量表，对每名幼儿的执行功能相关行为进行评定。

2） 编程活动实施

实验组的儿童参与了一个持续六周的编程活动方案，该方案的编写参照国外幼儿编程教育的框架和内容，以可编程玩具蜜蜂机器人（简称蜜蜂）为载体设计，并由作者与幼儿园老师共同讨论和修改。编程活动的框架和内容如表 1 所示。实施时八人一组（即实验组需实施两次），由作者之一与助教共同实施。

表 1 早期编程活动的框架和内容

内容	目标	描述
一、探索可编程玩具	1.1 探索可编程玩具	儿童讨论日常电器按键的功能，将其相关知识迁移至可编程玩具（开关、按键）上面
	1.2 输入和输出	“我是机器人”活动：通过指令符号来控制扮演“机器人”的老师，来理解输入和输出的概念
	1.3 编程模块的使用	通过尝试和引导，让儿童探索各个按键的功能（如图 1 中 1-1 和 1-2）
二、编程理念的学习	2.1 顺序和算法	通过“用餐”等活动来解释顺序和算法的含义（算法是指解决问题的具体方法和流程）；类比于蜜蜂从起点到终点的问题解决路径
	2.2 分解和组合	“蜜蜂串门”的活动中，由于路径较复杂（包括不能通行的障碍 X）， 引导儿童将路径按照转弯分解成几个部分（如图 1 中 1-3 和 1-4）
	2.3 纠错活动	“蜜蜂迷路”：事先给蜜蜂输入一套错误的指令，要求儿童借助指令标签，来找出指令错误之处并修改，使得蜜蜂能顺利走到目的地
三、复杂的编程活动	3.1 视角转换	“蜜蜂回家”：蜜蜂的视角与幼儿的视角不同（如图 1 中 1-5），幼儿需要按照蜜蜂的视角输入指令，并且蜜蜂进行多次转弯，幼儿需要多次转换视角
	3.2 禁止按钮	“只会后退的蜜蜂”：蜜蜂的前进按键被彩色标签封住（如图 1 中 1-6），儿童只能通过后退和转向按键来控制蜜蜂达到目的地

编程活动共八次，其中涉及到的编程问题样例如图 1 所示。为了评估实验组幼儿对于编程概念的理解以及编程活动的参与效果，以三点量表的方式（2 熟练掌握，1 基本掌握，0 不能掌握）对每一名幼儿在初步探索、顺序和算法、组合和分解、纠错活动以及复杂编程活动五个部分中的表现进行评定。

3） 后测

编程活动结束后，对实验组和对照组的幼儿再次实施头脚肩膝任务，同时，由随班老师再次填写幼儿的执行功能量表，对每名幼儿的执行功能相关行为进行评定。

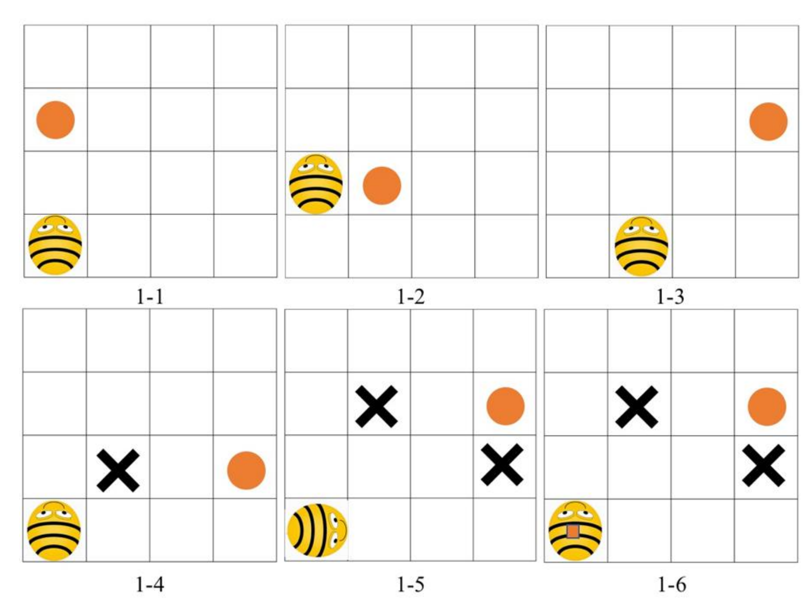


图 2 编程活动中的样例

（均为儿童视角，圆圈表示目的地，X 表示不能通过该格子；

第一部分难度 1-1 和 1-2，第二部分难度 1-3 和 1-4，第三部分难度 1-5 和 1-6）

三、结果

从实验组幼儿在编程活动中的表现看，所有幼儿能够熟练使用按键来进行控制；对于方案中所涉及到的编程理念（顺序和算法，组合和分解），大部分幼儿能够理解和掌握，剩余的幼儿也能基本掌握，但仅有 25%的幼儿能够顺利完成纠错活动，69%的幼儿能够初步完成，6%的幼儿不能掌握；分别有 12%和 44%的幼儿能够熟练完成或基本完成复杂编程活动，44%的幼儿不能完成复杂编程活动。因此，总体而言，对于实验组的幼儿来说，对于基本活动都掌握得较好，但是对于认知能力具有较大负荷的复杂活动，表现相对较差。

表 2 实验组幼儿在编程活动中对编程理念的学习情况

	初步探索	顺序和算法	组合和分解	纠错活动	复杂编程活动
熟练掌握	100%（16）	81%（13）	62%（10）	25%（4）	12%（2）
基本掌握	0%（0）	19%（3）	38%（6）	69%（11）	44%（7）
不能掌握	0%（0）	0%（0）	0%（0）	6%（1）	44%（7）

表 3 实验组和对照组前测和后测的描述性统计信息（均值±标准差）

	头脚肩膝	工作记忆	抑制能力	调节能力

实验组	前测	33.19±2.93	2.18±0.67	2.24±0.43	3.24±0.97
	后测	36.19±2.48	1.71±0.55	1.85±0.41	2.70±0.99
对照组	前测	32.56±3.29	2.39±0.33	2.35±0.45	2.60±0.44
	后测	34.31±2.41	2.06±0.20	2.00±0.42	2.24±0.39

实验组和对照组幼儿前测和后测的所有变量的描述性统计结果如表 2 所示。由于初步的配对 t 检验的结果表明，无论是实验组，还是对照组的幼儿，后测与前测相比均表现出显著的进步（实验组各变量前后测比较的 t 值在 3.96-7.36 之间，对照组各变量前后测比较的 t 值在 4.95-7.08 之间，所有 t 值均在 p=0.001 水平显著），因此实验组幼儿进步的原因可能是时间导致的发展。为了比较实验组和对照组在后测的进步上是否显著差异（即是否实验组幼儿的进步比对照组更大），采用单因素协方差分析（one-way analysis of covariance），将幼儿在前测的表现作为协变量加以控制，考察组别对于各个因变量上的变化的影响（每一个执行功能的变量）。结果表明，在控制了幼儿前测中在头脚肩膝任务上的表现之后，幼儿在后测中相同任务上的表现有显著的组别效应，F（1，29）=6.33，p<0.05，η^2=0.18。同样，在控制了工作记忆的前测之后，幼儿在后测中工作记忆问题行为上表现出显著的组别效应，F（1，29）=11.49，p<0.05，η^2=0.28。在控制了调节能力的前测之后，幼儿在后测中调节力问题上没有显著的组别效应，F（1，29）=0.53，p>0.05，η^2=0.02。在控制了抑制能力的前测之后，幼儿在后测中抑制力问题上没有显著的组别效应，F（1，29）=0.45，p>0.05，η^2=0.02。

四、讨论

（一）关于幼儿对编程教育的接受程度

本研究基于国外适宜于幼儿的早期编程教育框架，设计了幼儿编程教育活动方案，并通过实证研究考察其对于幼儿执行功能发展的影响。与之前的研究结果一致，[10-12]本研究也表明了早期编程教育在学前教育中的可行性。首先，由于大多大班幼儿已经有足够的电子玩具操作以及客体建构的经验，能够很好地理解并记住按键符号所表示的具体动作以及输入和输出的概念，同时儿童能够将一系列的具体动作（前进、后退、转向）转化为抽象的按键符号（或借助纸笔或卡片），然后输入可编程玩具，最后执行并输出具体动作。其次，幼儿在类比的教育方式下（如与去快餐店用餐流程进行比较：点餐，付款，取餐），能够较好地理解算法（解决问题的流程）、顺序、分解和组合等初步编程概念。这些编程概念与生活中的问题解决有相似特征，因此幼儿较容易理解。然而，在纠错活动中，即从错误的解决问题方法中反思并找出存在问题的步骤中，幼儿表现出困难。这与之前研究中表现出的幼儿认知特征是一致的。如之前的研究发现，学前幼儿难以从目前不合适的方案的基础上进行改进，而倾向于设想新的解决方案或者重新开始思考。[32]最后，当幼儿在对执行功能负荷

较大的活动中，表现略差。在这些活动中，幼儿在想到问题解决方案时，往往会在自己的视角和蜜蜂的视角之间混淆，有时会按照自己的视角而非蜜蜂的视角控制蜜蜂移动。

因此，总体而言，在基本编程活动中，儿童很容易就理解和掌握了各个按键的含义和功能，在简单问题解决情境中能够提前在大脑里想好从出发地到目的地的路线，然后将其转化成按键符号来输入，最后检验输出效果（是否到达目的地）。但对于难度较大、对幼儿执行功能负荷较大的活动中，幼儿表现出操作上的困难。由于本研究只关注了初步的学习情况，若通过更长时间的操作，儿童可能会表现得更好。

（二）编程活动对于幼儿执行功能的作用

本研究通过比较实验组和对照组后测的结果（控制前测），发现参与编程活动可以显著提高幼儿在执行功能认知测试上的表现，也可以显著降低幼儿工作记忆问题行为的频率，但对幼儿抑制能力和调节能力没有表现出效果。本研究与小学以及国外的探索研究结果类似，发现参与编程活动，可以提高儿童的综合认知能力，但是在对具体认知能力的提升效果上却存在差异。[16]根据前文的分析，编程活动中，儿童需要提前想好解决问题的具体方法，这需要儿童使用工作记忆和计划能力在大脑里模拟解决问题的具体步骤并评估其有效性，同时在输入时儿童要将输入的指令和代码保存在工作记忆，时刻注意到已经输入以及还未输入的内容。因此，编程活动对于计划能力和工作记忆能力有着重要的负荷，通过参与编程活动，可以训练幼儿的两种认知能力（在评定量表中，计划能力的量表和工作记忆量表相关太高，合并为工作记忆维度）。而头脚肩膝任务作为一个综合性的执行功能任务，之前的研究结果表明儿童在该任务上的表现与工作记忆有较高的相关，[33]幼儿需要在其中记住规则，才能顺利完成任务。因此，参与编程活动可以提高幼儿在头脚肩膝任务上的表现，同时也显著降低了幼儿在工作记忆问题上的频率。

然而，本研究发现参与编程活动并不能提高幼儿在调节能力和抑制能力的表现，尽管在复杂编程活动中，儿童需要调用到两种能力。可能的原因在于，在本研究中幼儿在复杂编程活动中的表现明显差于前两个部分的表现。比如由于高级编程任务需要更高的认知负荷，将近一半的幼儿不能顺利完成，这可能影响到对于抑制能力和调节能力提高的效果。作为一个初步探索性的研究，本研究中的编程方案并非针对于提高幼儿的抑制能力和转换能力，进一步的研究可以整合执行功能不同成分的卷入从而训练不同的方面。

五、结论和教育建议

（一）结论

本研究表明基于可编程玩具开展早期编程活动的可行性，同时表明参与早期编程活动可以提高幼儿的执行功能。

（二）教育建议

鉴于目前电子媒体的普及，建议幼儿园尝试开展早期编程活动。可以通过多种方式来进行编程教育：首先，可以基于可编程玩具。可编程玩具的可触及特征不仅会增加幼儿对编程活动的兴趣，也使得幼儿能够在抽象代码和具体动作之间建立起联系，并且不必接触电子屏幕的特点不会增加幼儿的“屏幕时间”。其次，还可以采用类似于可编程玩具的平板电脑软件。此类软件（如 ScratchJr）与可编程玩具相比，具有更丰富的界面和交互功能，儿童在其中不仅可能学习到更高级的编程理念（如模式识别和循环、条件和结果等），而且在还编写故事脚本在此基础上进行绘画和故事的创造活动。最后，早期编程活动可以与早期 STEM 教育以及戏剧教育结合在一起。如在编程活动中，儿童亦会可能用到计数和估算能力，视觉空间能力，因此可以与早期数学教育的部分内容整合在一起。

参考文献：

[1]AVG Technologies. 2011. AVG digital skills study. Retrieved from www.beijing-kids.com/files/avg-digital-skills-study-full-briefing.pdf

[2]崔玉玉(2017). 幼儿编程:学还是不学？人民日报海外版/2017 年/9 月/11 日/第 008 版

[3]Geist, E. (2014). Using tablet computers with toddlers and young preschoolers. Young Children, 69, 58-63.

[4]Geist, E. (2016). Robots, programming and coding, Oh my! Childhood Education, 92, 298-304.

[5]Government of the United Kingdom. 2013. National curriculum in England: Computing programmes of study - key stages 1 and 2. Retrieved from https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239033/PRIMARY_national_curriculum_-_Computing.pdf

[6]K–12 Computer Science Framework. (2016). Retrieved from http://www.k12cs.org.

[7]Soloway, E. (1986). Learning to program= learning to construct mechanisms and explanations. Communications of the ACM, 29(9), 850-858.

[8]刘欣(2018). 追本溯源:探寻编程教育的本质.中国科技教育.（1）.10-13

[9]Papert, S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas; Basic Books: New York, NY, USA, 1993; ISBN 0465046746.

[10]Portelance, D. J., Strawhacker, A. L., & Bers, M. U. (2016). Constructing the ScratchJr programming language in the early childhood classroom. International Journal of Technology and Design Education, 26, 489-504.

[11]Sullivan, A., Elkin, M., & Bers, M. U. (2015, June). KIBO robot demo: engaging young children in

programming and engineering. In Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children (pp. 418-421). ACM.

[12]Sullivan, A., Kazakoff, E. R., & Bers, M. U. (2013). The wheels on the Bot go round and round: Robotics curriculum in pre-kindergarten. Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, 12, 203-219.

[13]Sullivan, A.; Ber, U. M.; Mihm, C. Imagining, playing, and coding with KIBO: Using robotics to foster computational thinking in young children; Siu-cheung KONG The Education University of Hong Kong: Hong Kong, China, 2017; ISBN 9789887703440.

[14]Peta Wyeth (2008) How Young Children Learn to Program with Sensor, Action, and Logic Blocks, Journal of the Learning Sciences, 17:4, 517-550

[15]Portelance, D. J., Strawhacker, A. L., & Bers, M. U. (2016). Constructing the ScratchJr programming language in the early childhood classroom. International Journal of Technology and Design Education, 26, 489-504.

[16]Jung, S. E., & Won, E. S. (2018). Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children. Sustainability, 10(4), 905.

[17]Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. Journal of research on technology in education, 39(3), 229-243.

[18]La Paglia, F., Rizzo, R., & La Barbera, D. (2011). Use of robotics kits for the enhancement of metacognitive skills of mathematics: A possible approach. Stud
Health Technol Inform, 167, 26-30.

[19]Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. Computers and Education, 72, 145-157.

[20]Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. Early Childhood Education Journal, 41(4), 245-255.

[21]Clements, D. H., & McMillen, S. (1996). Rethinking" concrete" manipulatives. Teaching children mathematics, 2(5), 270-279.

[22]Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils’ school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. Educational Technology and Society,9, 182-194.

[23]Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils’ ability to solve logical problems? Computers & education, 49(4), 1097-1111.

[24]Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell’Omo, M., ... & Dario, P. (2017). Educational robotics intervention on executive functions in preschool children: a pilot study. Computers in Human Behavior, 71, 16-23.

[25]周欣, 赵振国, 李娟, 康丹, 田丽丽, 程阳春, ... & 汪光珩. (2013). 认知因素对儿童早期数学学习困难的影响. 学前教育研究, (11), 3-13.

[26]Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. Learning and individual differences, 21(4), 327-336.

[27]Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. Cognitive psychology, 41(1), 49-100.

[28]Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. Child neuropsychology, 8(2), 71-82.

[29]Ponitz, C. C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. Developmental Psychology, 45(3), 605-.

[30]Thorell, L. B., & Nyberg, L. (2008). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A new rating instrument for parents and teachers. Developmental Neuropsychology, 33(4), 536-552.

[31]魏威，谢庆斌，朱晶晶，何蔚，李燕. (2018). 儿童执行功能量表在中国学前儿童中的信效度分析. 中国临床心理学杂志, 26, 26-29

[32]Epstein, A. S. (2003). How Planning and Reflection Develop Young Children's Thinking Skills. Young Children, 58(5), 28-36.

[33]McClelland, M. M., Cameron, C. E., Duncan, R., Bowles, R. P., Acock, A. C., Miao, A., & Pratt, M. E. (2014). Predictors of early growth in academic achievement: The head-toes-knees-shoulders task. Frontiers in Psychology, 5:599.

Effects of Early Coding Education on Kindergarteners’ Executive Functioning

Xue Jing, Shou Yan-Na

([1]School of Psychological and Cognitive Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

([2]College of Education, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Abstract: Recent studies from international journals indicated the feasibility of early programming education and its effects on children's cognitive skills and early academic skills. However, there is a paucity that these studies did not examine how early programming education promoted children's executive functioning (an essential skill for early academic skills and school readiness). Therefore, the present study aimed to examine the effect of early programming activities on children's executive functioning. Participants were 32 5-year-old and 6-year-old children (16 boys and 16 girls) attending in the third year of kindergarten in Shanghai, and were randomly divided into two groups, i.e., the experimental group and the control group. Children in both groups received a pretest and posttest of executive functioning. Children in the experimental group attended early programming activities that were performed with Bee-Bot (programming tool) lasted for eight weeks, and they were also evaluated on learning outcomes at the end of all activities. Results showed that children in experimental group had a grasp of the programming ideas and could complete most of the activities. Children in experimental group also performed better on an executive functioning task and were rated higher on working memory scale than these in control group, controlling for the pretest.

Key words: Early Coding Education, kindergarteners, executive functioning